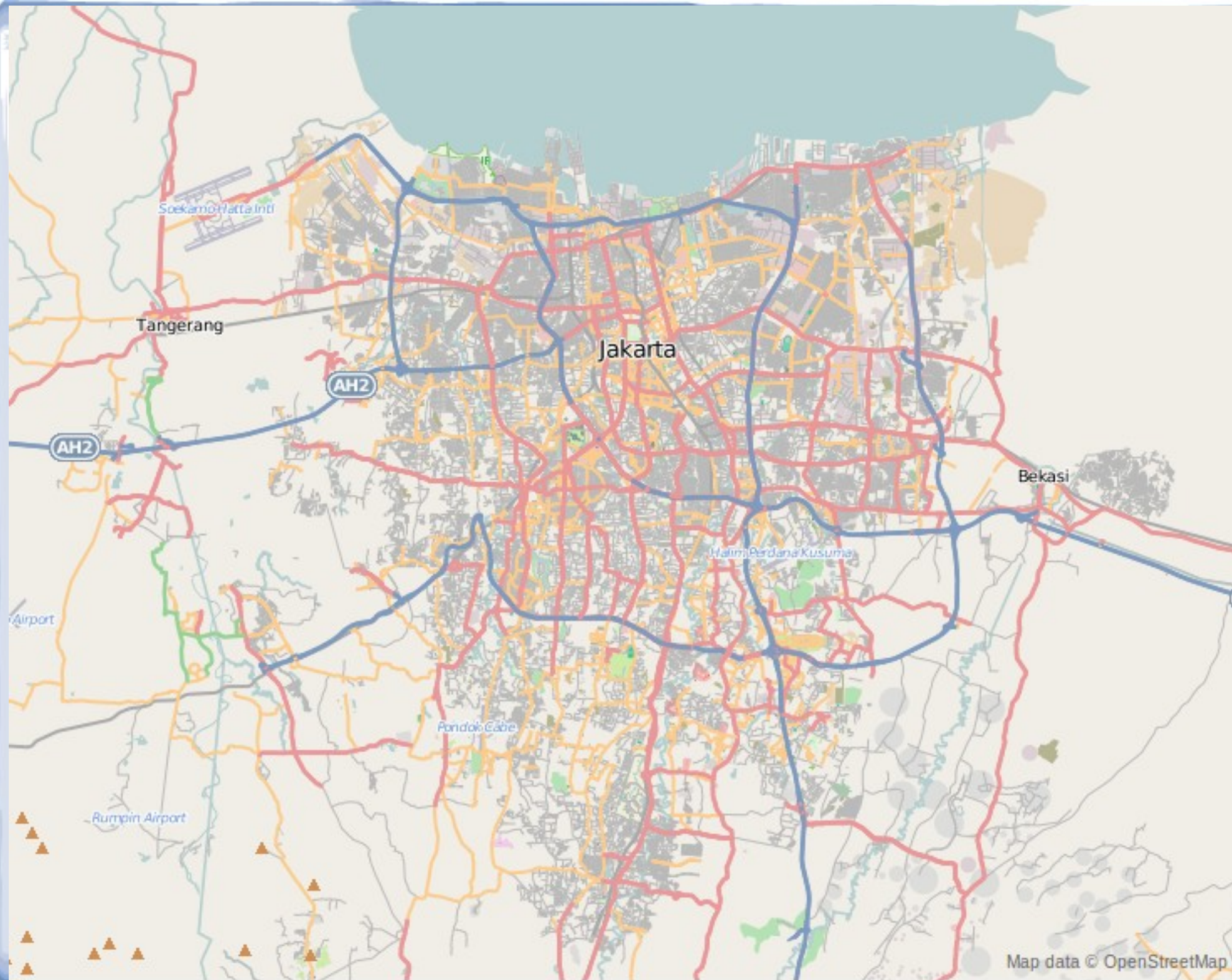


Simulasi Banjir di Jakarta

Penyederhanaan

Febrie Ahmad Azizi (20912008)
Ridlo W. Wibowo (20912009)



Persamaan Bernoulli

$$p + \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{konstan}$$

v = kecepatan fluida

g = percepatan gravitasi bumi

h = ketinggian relatif terhadap suatu referensi

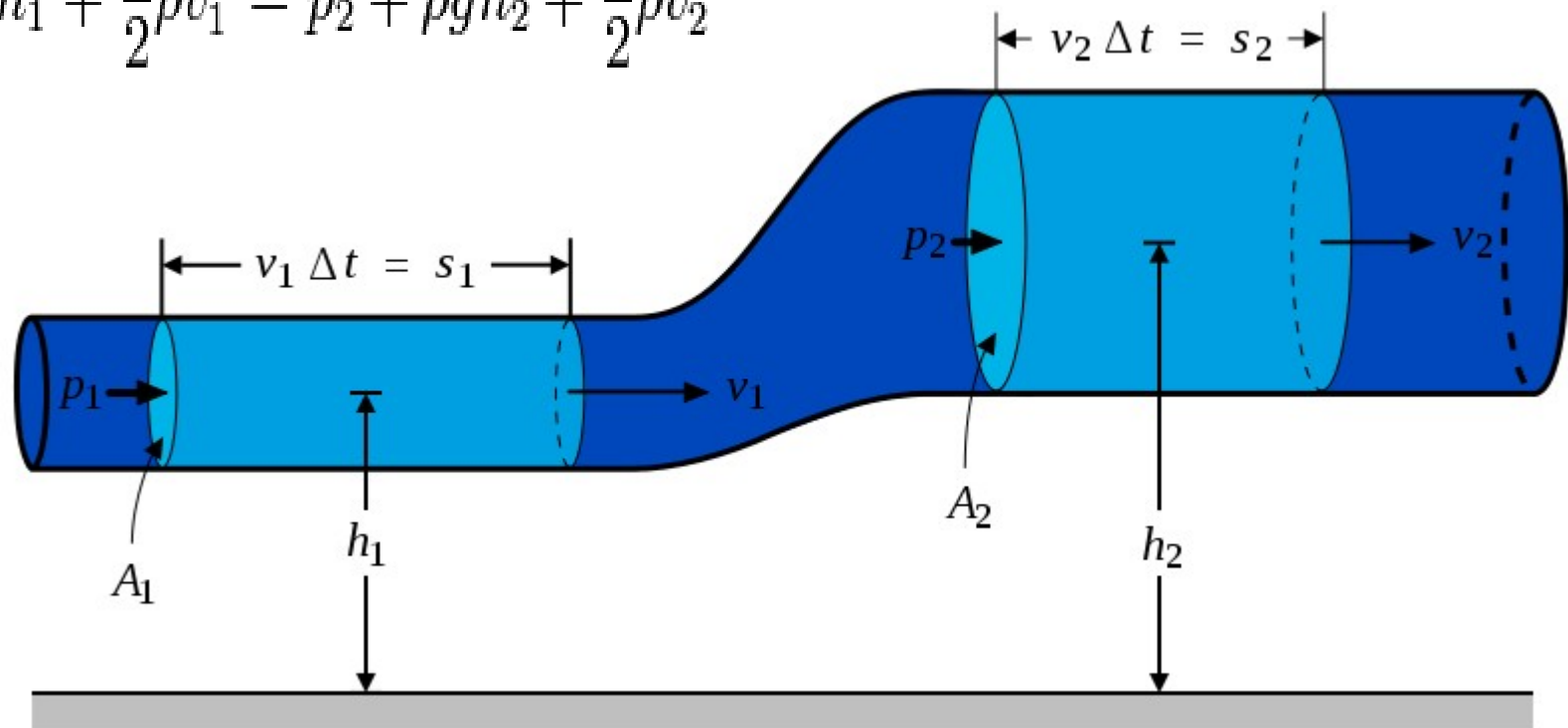
p = tekanan fluida

ρ = densitas fluida

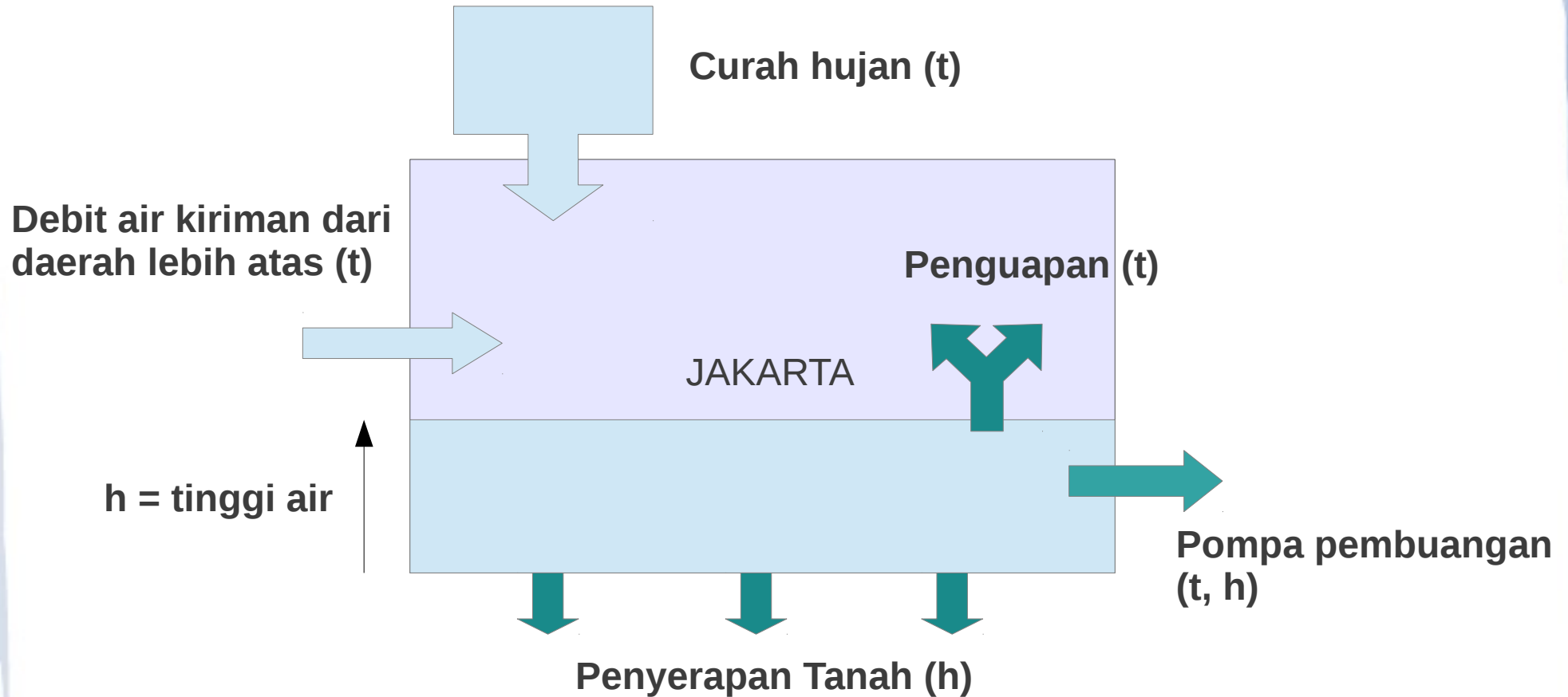
Persamaan Bernoulli

dapat diubah menjadi:

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$



Penyederhanaan Kasus



Debit masuk dan keluar sebagai fungsi waktu (t) dan tinggi air (h)

$$\frac{dh}{dt} = (\sum Q_{in} - \sum Q_{out}) / A_{Jakarta}$$

Pencarian Solusi

kasus yang kita hadapi :

$$h' = f(t, h) \rightarrow \text{Persamaan Differensial Biasa} \\ (\text{General Nonlinier ODE})$$

Pencarian solusi dilakukan menggunakan salah satu metode numerik untuk kasus *Initial-Value ODE*, yaitu metode Runge-Kutta-Fehlberg (O^5) \rightarrow ODE45 (matlab)

0	<i>Butcher Table RKF-method</i>					
1/4	1/4					
3/8	3/32	9/32				
12/13	1932/2197	-7200/2197	7296/2197			
1	439/216	-8	3680/513	-845/4104		
1/2	-8/27	2	-3544/2565	1859/4104	-11/40	
	25/216	0	1408/2565	2197/4104	-1/5	0
	16/135	0	6656/12825	28561/56430	-9/50	2/55

Testing Code (banjir.cpp)

1. Untuk fungsi standar yang sudah diketahui analitiknya

$y' = y \rightarrow$ exponential

Parameter :

$t = [0, 10]$

$N = 100 \rightarrow dt = 0.1$

$y(0) = 1$

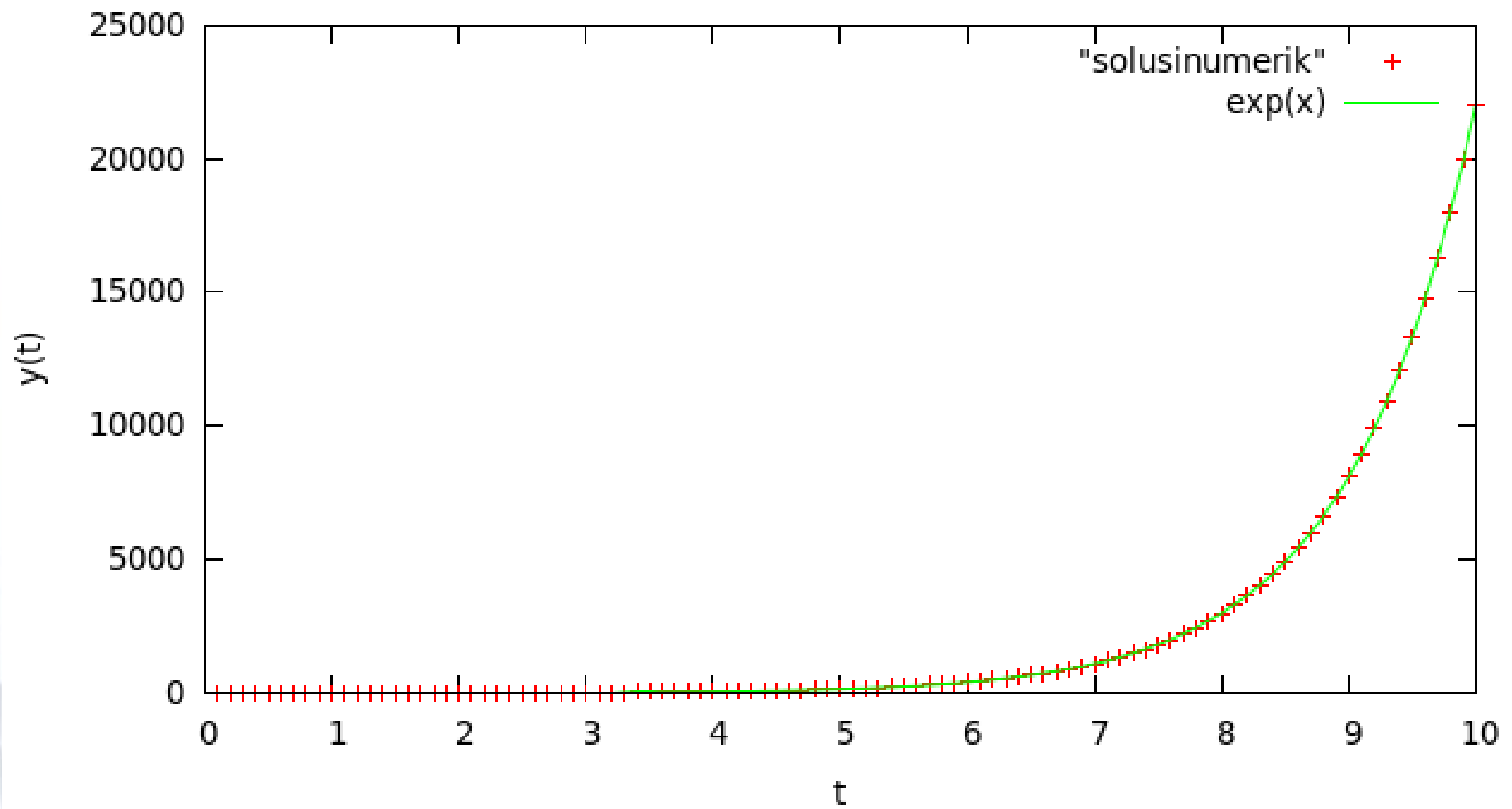
Exact sol: $Y(t) = 1 * \exp(t)$

9.500000	13359.725764	0.000149168	13359.726830
9.600000	14764.780375	0.000164856	14764.781566
9.700000	16317.605869	0.000182194	16317.607198
9.800000	18033.743444	0.000201355	18033.744928
9.900000	19930.368781	0.000222532	19930.370438
10.000000	22026.463945	0.000245936	22026.465795

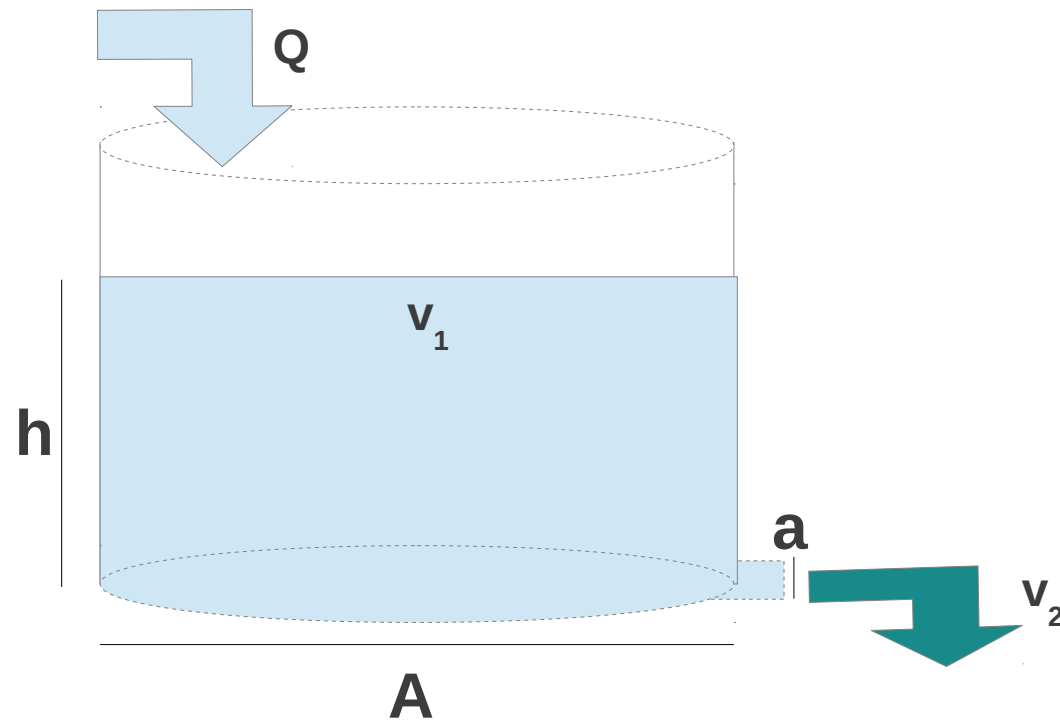
t	y(t) (numeric sol)	Error estimation	Y(t) (exact sol)
---	-----------------------	---------------------	---------------------

Hasil:

exponential



2. Untuk kasus lebih sederhana “ember bocor”



$$p_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$A v_1 = a v_2$$

$$dV/dt = Q_{in} - Q_{out}$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{Q}{A} - \frac{a}{A} \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{a}{A}\right)^2}}$$

Parameter:

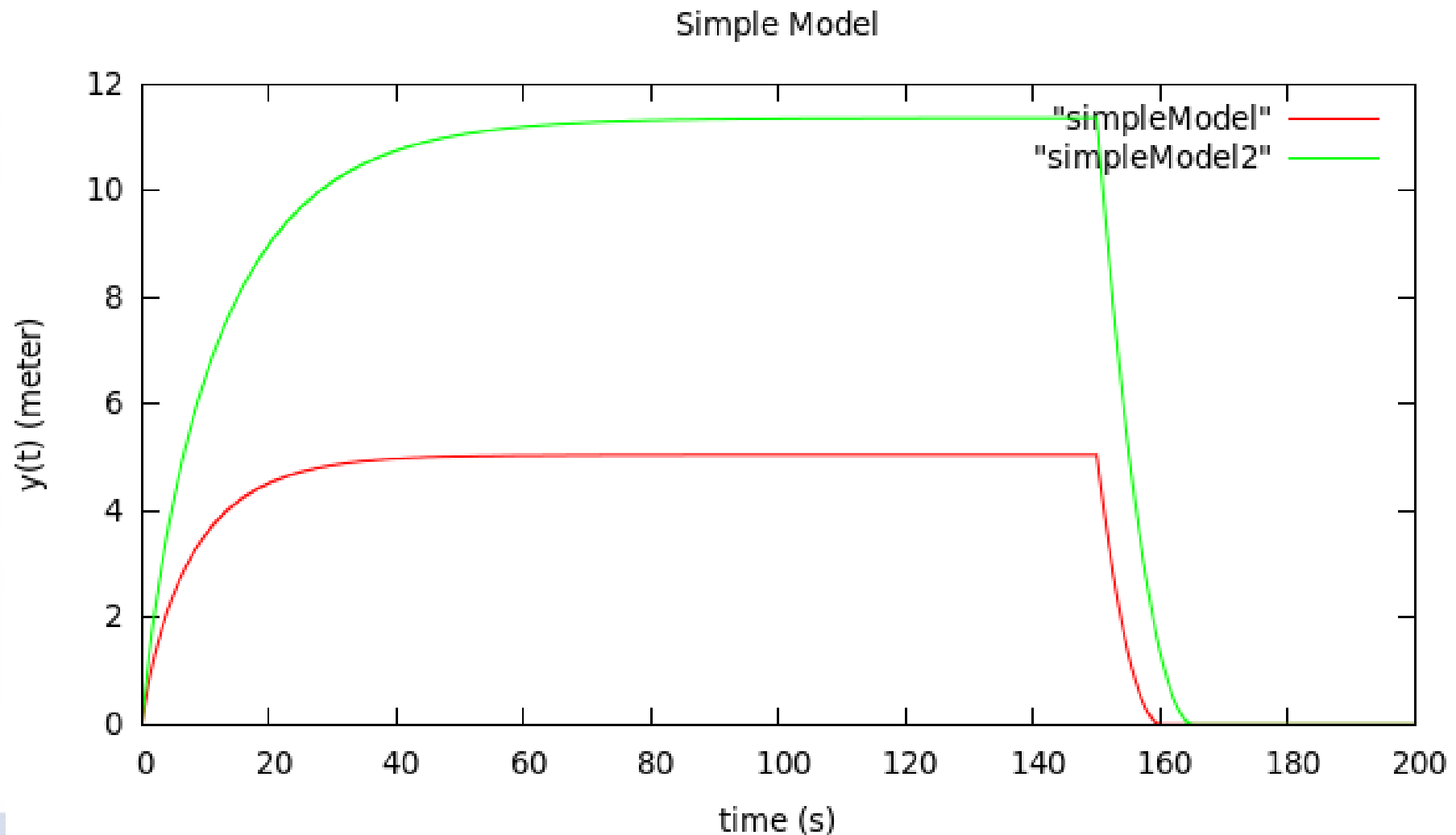
$$A = 10 \text{ m}^2, a = 1 \text{ m}^2$$

Debit masuk = $10 \text{ m}^3/\text{detik}$

$y(0) = 0$ meter, $t = 0 - 200$ detik, $dt = 0.01$ detik

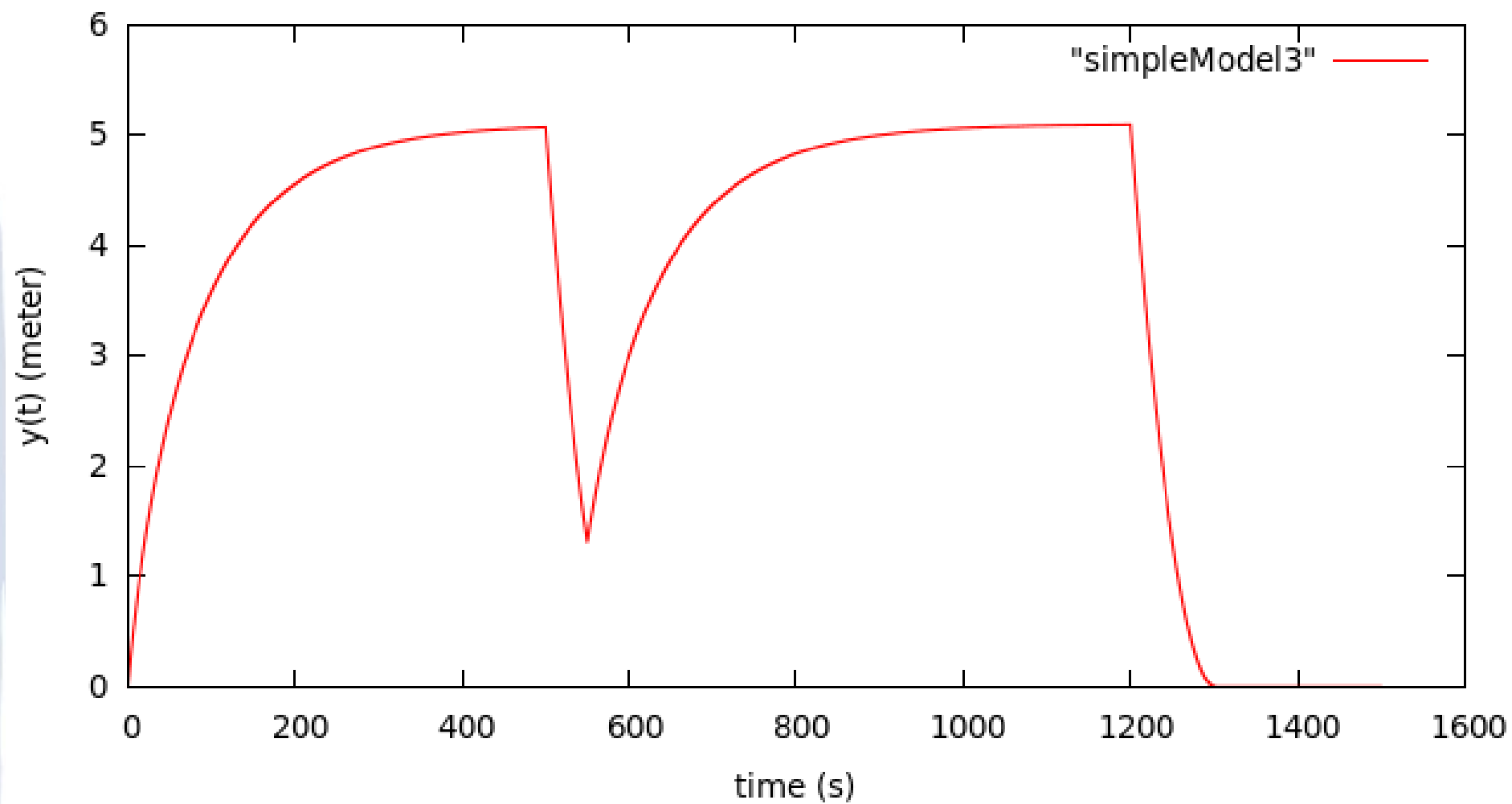
Saat $t(150)$ debit masuk dimatikan

Hasil:



SimpleModel lagi:

Simple Model



Kondisi Jakarta dan Modelnya

Luas (A) = 661.52 km^2

Ketinggian rata-rata = 8 mdpl

Curah Hujan: 60 mm/bln (kemarau) – 350 mm/bln (musim hujan, bulan januari)

Total = 1650 mm/th

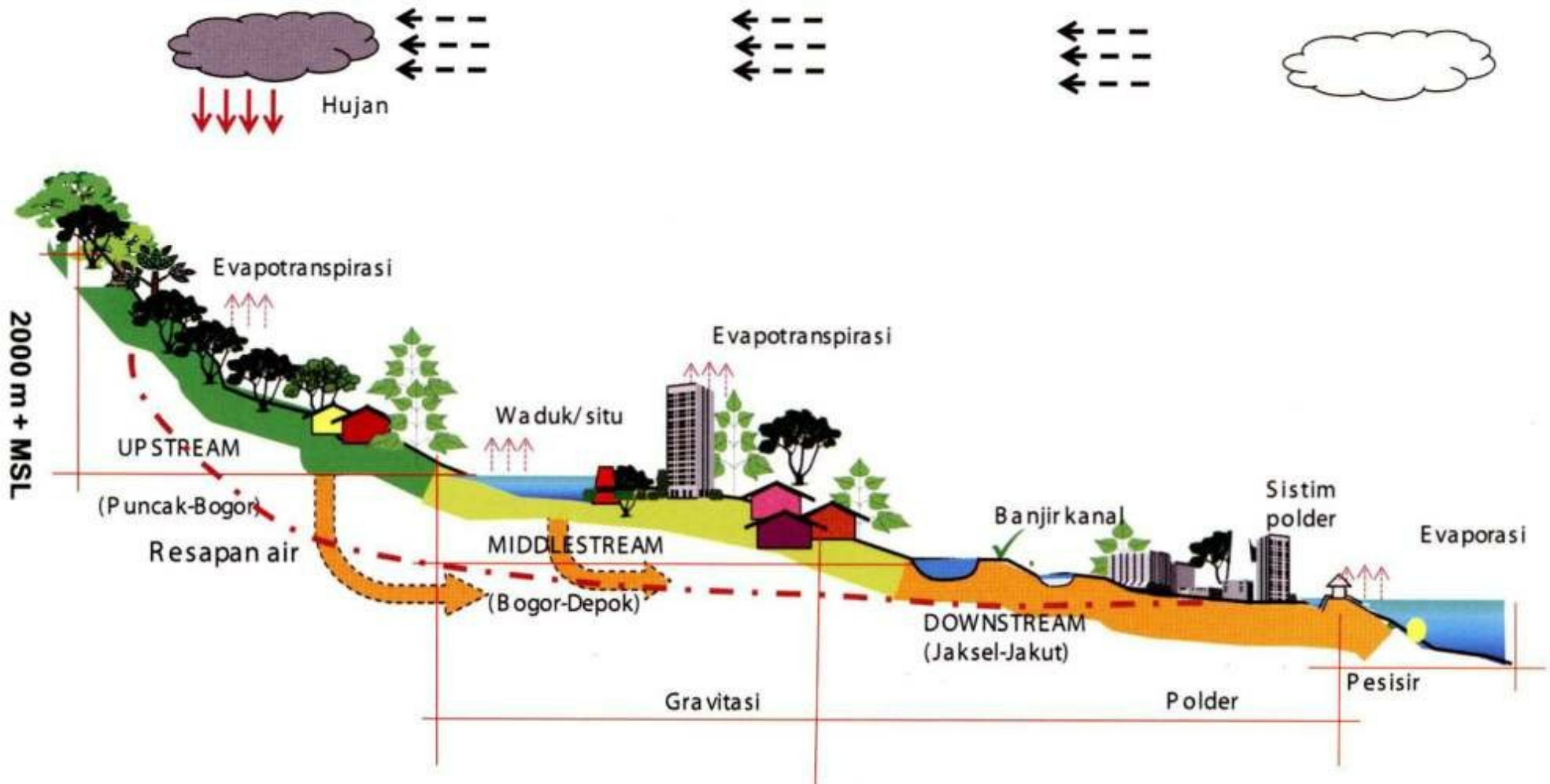
Sungai: 13 sungai besar, diantara yang terbesar adalah Ci Liwung (panjang++ 387 km)

Daerah resapan

Kawasan ruang terbuka hijau (RTH) saat ini 13.94 % atau 96.6 km^2 , normalnya sebuah pemukiman minimal 40%, penyerapan air → 36% dari total air hujan. (*kompas.com*)

Kanal Pembuangan: 13 pintu air

Denah Umum U-S Jakarta



Model:

Curah Hujan [$Q_r(t)$]

- konstan, curah hujan rata-rata = 1650 mm/th, → $v = 1650$ mm/th
- sinusiodal (max dibulan Januari) → $v(t) = 6 + 4 \cdot \cos(t)$ mm/hr

Debit Sungai [$Q_f(t)$]

- konstan, 13 sungai dengan total debit = 4000 m³/detik
- $Q_f(t)$ konstan namun untuk selang waktu tertentu bertambah menjadi 2 kali semula (banjir kiriman)

Serapan Tanah [$Q_a(t, h)$]

- $-c \cdot \sqrt{h}$ (dari persamaan Bernoulli)

Kanal Pembuangan [$Q_d(t, h)$]

- konstan = 3000 m³/detik, namun 0 jika $h < 1$ mm

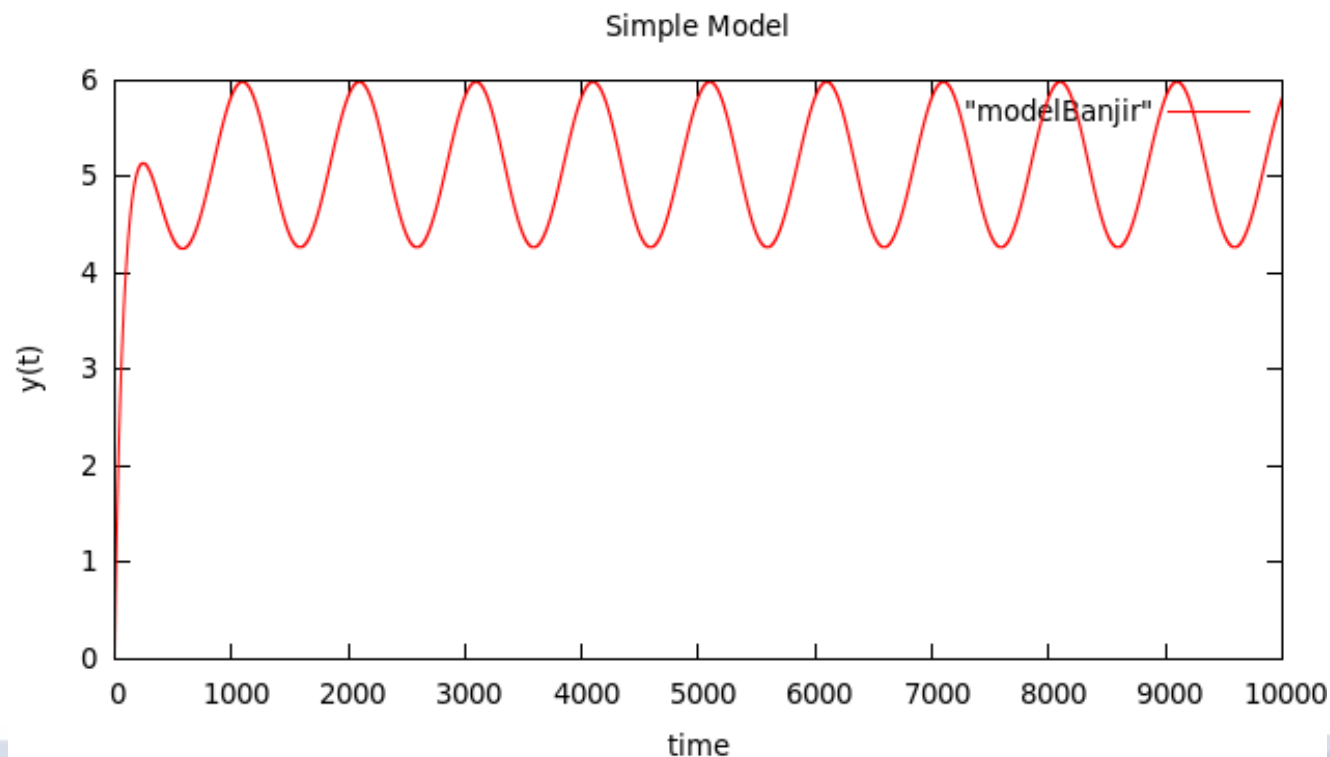
Penguapan [$Q_u(t)$]

- konstan, asumsi sebesar 1000 m³/detik

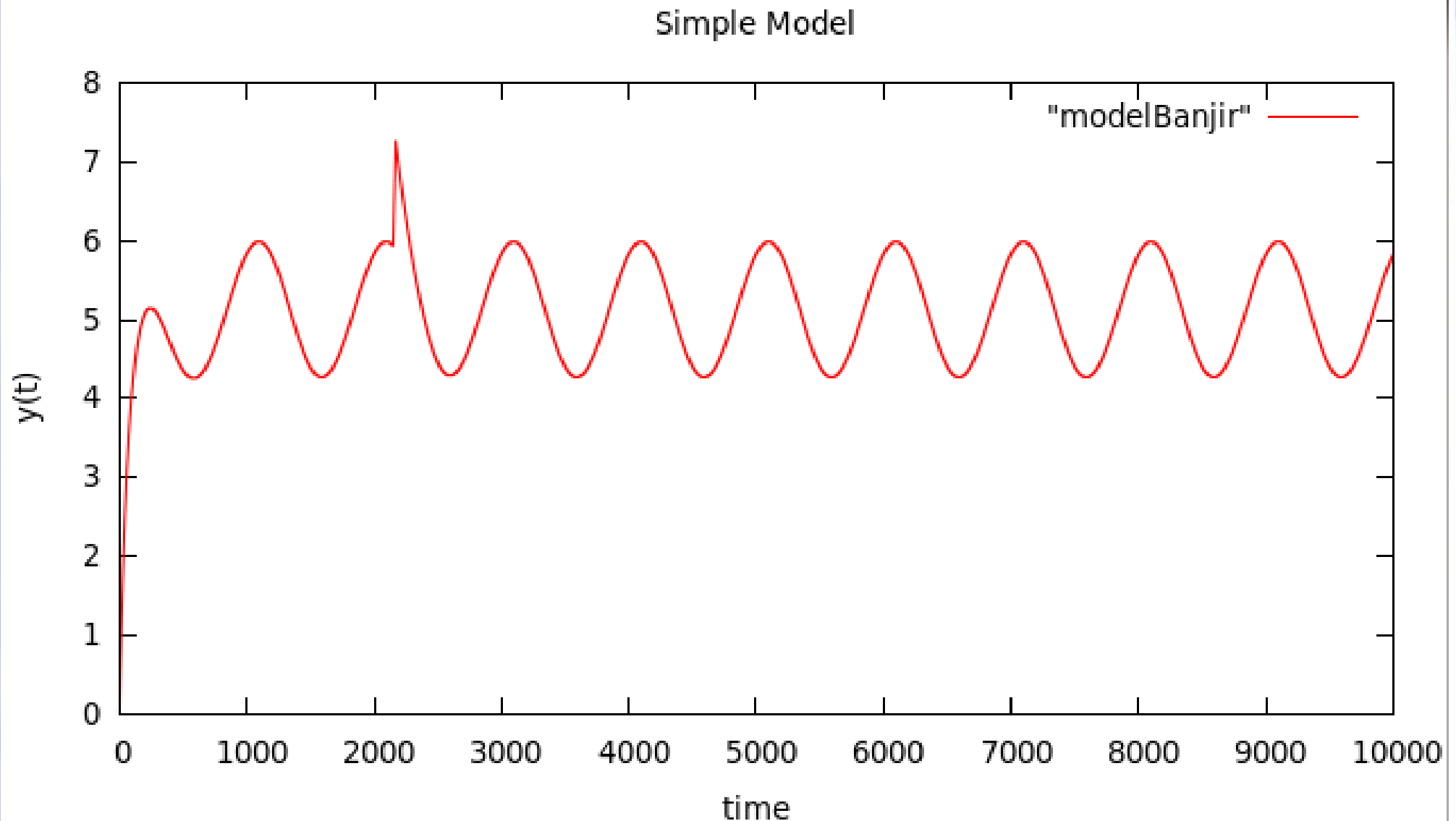
Setelah menggunakan parameter di atas ternyata hasil yang diperoleh tidak sesuai harapan, kemungkinan karena tidak terlalu sesuai kenyataan, akhirnya kami kembali ke model yang lebih sederhana. :(

Sama seperti pada kasus sebelumnya, jika kita modelkan konstan maka hasilnya adalah stabil untuk ketinggian tertentu.

Apabila debit curah hujan kami ubah menggunakan persamaan sinusoidal, maka setelah stabil hasilnya juga menunjukkan ketinggian air berpola sinusoidal (time = 1000 \rightarrow 1 tahun)



Di bagian yang sudah stabil, apabila parameter debit air melalui sungai tiba-tiba ditambah menjadi 2 kali lipat semula untuk selang waktu +/- 7 hari, maka perubahan ketinggian air terlihat sebagai berikut.



Terima Kasih ^_^